

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ

**Mirəli Məmməd oğlu Əzimov
Rahim Məmədi oğlu Həsənov**

MATERİALLAR MÜQAVİMƏTİ fənnindən

LABORATORİYA İŞLƏRİ

Metodik göstəriş

Azərbaycan Texniki Universitetinin
Elmi-Metodiki Şurasının 15.03.2017
tarixli 3 sayılı iclas protokolu
ilə təsdiq edilmişdir

BAKİ – 2017

UDK 620.10

Tərtib edənlər:

**M.M.Əzimov
R.M.Həsənov**

Elmi redaktor:

f.r.e.d., professor **V.M.Mirsəlimov**

Rəy verənlər:

t.e.n., dosent **Ə.Sazairov**

f.r.e.n., dosent **S.M.Həbibzadə**

Metodik göstəriş bütün texniki ixtisaslar üzrə bakalavr pilləsində təhsil alan tələbələrin «Material müqaviməti» fənnini öyrənməsi üçün tərtib olunmuşdur.

Vəsait iki hissədən ibarətdir. Birinci hissədə tərtib olunmuş hər laboratoriya işinə aid nəzəri məlumat verilmişdir. İkinci hissədə isə bu laboratoriya işinin aparılması zamanı ölçmələrdən alınmış nəticələrin tədqiqi, uyğun cədvəllərin doldurulması və lazım olan qrafiklərin qurulması öz əksini tapmışdır.

AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNIVERSİTETİ , 2017

GİRİŞ

Material müqaviməti – mühəndis elmidir və ona aid olan bütün üsullar nəzəri və təcrübi tədqiqatlara əsaslanır. Bu fənn müxtəlif ixtisaslarda bakalavr pilləsi üzrə təhsil alan tələbələrin ixtisasçı kimi yetişməsində böyük əhəmiyyət kəsb edir

Müasir maşın və mexanizmlərin və eləcə də onların ayrı-ayrı hissələrinin layihələndirilməsi və düzəldilməsini bu sahədə əsaslı nəzəri və təcrübi biliklərə malik olmadan yerinə yetirmək mümkün deyil.

Kursun öyrənilməsi və nəzəriyyədən əldə olunmuş nəticələrin təsdiq olunması üçün aşağıdakı laboratoriya işlərinin yerinə yetirilməsi təklif olunur.

Laboratoriya işi №1 – Materialın dartılmada mexaniki xassələrinin təyini;

Laboratoriya işi №2 – Puasson əmsalının və elastiklik modulunun təyini;

Laboratoriya işi №3 – Müxtəlif materiallardan hazırlanmış nümunələrin sıxılmaya sınağı;

Laboratoriya işi №4 – Metal nümunələrin kəsilməyə sınağı;

Laboratoriya işi №5 – Metal nümunənin burulmaya sınağı;

Laboratoriya işi №6 – Silindrik vintvari yayın sınağı;

Laboratoriya işi №7 – Əyilmədə verilmiş tirin xarakter kəsiklərindəki deformasiyaların təyini;

Laboratoriya işi №8 – Sıxılan uzun milin dayanıqlığının itirilməsinin tədqiqi.

Laboratoriya işi №1.

Materialın dartılmada mexaniki xassələrinin təyini (nəzəri məlumat)

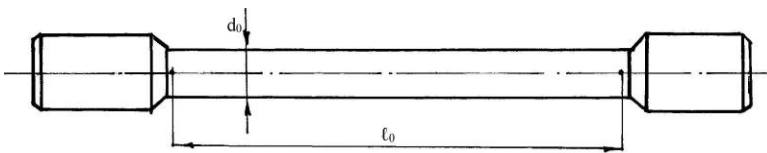
Təcrübəni polad materialdan xüsusi ölçülərdə hazırlanmış dairəvi en kəsikli nümunəni laboratoriya şəraitində statiki yük altında dartmaqla aparırlar.

İşin məqsədi: Materialın mexaniki xarakteristikalarını – möhkəmliyini, plastikliyini – təyin etməkdir.

Təcrübə zamanı aşağıdakı mexaniki xarakteristikalar təyin olunur:

1. **Mütənasiblik həddi** – $\sigma_{müt.h.}$ – Huk qanununa uyğun gələn ən böyük gərginlik;
2. **Elastiklik həddi** – σ_e – nümunədə qalıq deformasiyası alınmayan ən böyük gərginlik;
3. **Axma həddi** – σ_{ax} – yük artmadan plastik deformasiyanın artmasına uyğun gələn gərginlik;
4. **Möhkəmlik həddi** – $\sigma_{möh.h.}$ – yükün ən böyük qiymətinə uyğun gələn gərginlik (ən böyük şərti gərginlik);
5. **Nisbi qalıq uzanma** – δ – materialın plastikliyini xarakterizə etməklə nümunənin qalıq deformasiyasının əvvəlki uzunluğa nisbəti ilə təyin olunur;
6. **Nisbi qalıq daralma** – ψ – materialın plastikliyini xarakterizə etməklə en kəsik sahəsinin dəyişməsinin əvvəlki sahəyə nisbəti ilə təyin olunur

Sınaqda istifadə olunan nümunə:



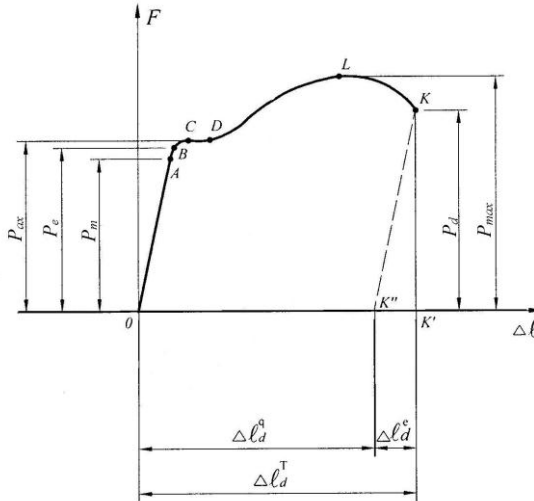
Şəkil 1.

Adətən, sınaq zamanı dairəvi en kəsikli metal nümunələrdən istifadə olunur. Standart uzun nümunələrdə $d_0=20$ mm, $\ell_0=10d_0$ ölçüləri qəbul olunur. ℓ_0 – nümunənin işlək uzunluğudur.

Təcrübə zamanı nümunə sınaq maşınının tutqaclarında bərkidilərək statiki yük altında tədriclə (yavaş-yavaş) dartılır. Bu zaman təsir edən qüvvə ilə (P) mütləq uzanma ($\Delta\ell$) arasındakı asılılıq avtomatik olaraq qurulur. Bu asılılıq **dartılma diaqramı** adlanır (şəkil 2). Müxtəlif ölçülü nümunələr üçün qurulmuş dartılma diaqramlarını müqayisə etmək üçün «**gərginliklər diaqramı**»dan istifadə olunur. Bu zaman absis oxunda nisbi

uzanmanı $\left(\varepsilon = \frac{\Delta\ell}{\ell_0} \right)$, ordinat oxunda isə normal gərginliyi

$\left(\sigma = \frac{P}{F_0} \right)$ qeyd edirlər. ℓ_0 və F_0 – uyğun olaraq başlanğıc işlək uzunluq və en kəsik sahəsidir.



Şəkil 2.

Sınaqdan sonra aparılan ölçmələr və hesablamalar.

Sınaqdan sonra qırılmış nümunənin ucları birləşdirib onun uzunluğunu (ℓ_1) və qırılma yerində diametrini (d_1) ölçməli.

Diametr ölçülərkən iki biri-birinə perpendikulyar istiqamətdə ölçmə apararaq orta diametr təyin olunur və en kəsik sahəsi (F_1) hesablanır.

Sınaqdan alınan qiymətlər əsasında materialın mexaniki xarakteristikaları hesablanaraq təyin olunur.

Laboratoriya işi №1.

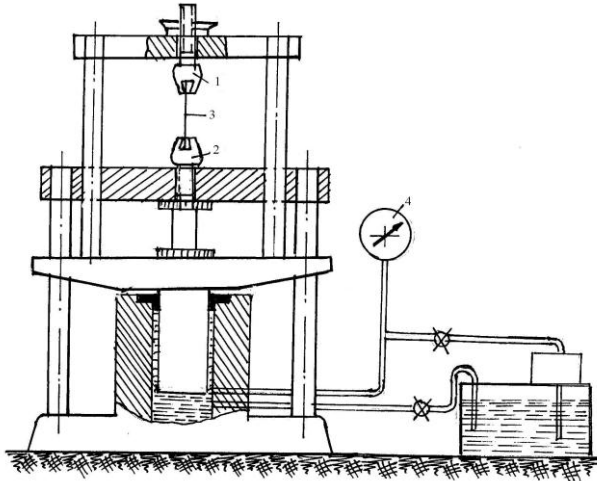
Polad nümunənin dartılmada mexaniki xassələrinin təyini (nəticələrin tədqiqi)

İşin məqsədi və yerinə yetirilməsi: Tədqiq olunması tələb olunan materialdan hazırlanmış nümunənin laboratoriya şəraitində sınaq maşınına bağlanaraq statiki yük altında dartmaqla mexaniki xarakteristikalarının təyin olunması və alınan nəticələrin nəzəri qiymətlərlə müqayisə olunmasıdır.

Sınaq maşınının adı: Universal hidravlik pres;

Presin gücü: 300 kN;

Presin sxemi:



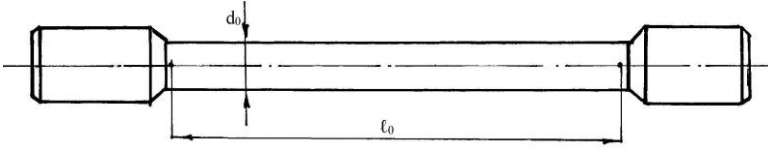
Şəkil 3. 1 – yuxarı tutqac; 2 – aşağı tutqac; 3 – nümunə;
4 – qüvvənin qiymətini göstərən şkala

Cədvəl 1.

S №	Ölçmə və hesablamalar	Vahidlər	Sınağa qədər	Sınaqdan sonra
1	diametri	mm		
2	en kəsik sahəsi	mm ²		
3	hesabi uzunluq	mm		

Nümunənin eskizi

a) sınağa qədər



Şəkil 4.

b) sınaqdan sonra

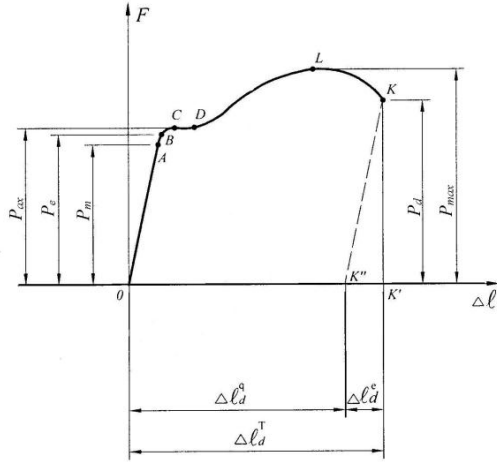


Şəkil 5.

Cədvəl 2.

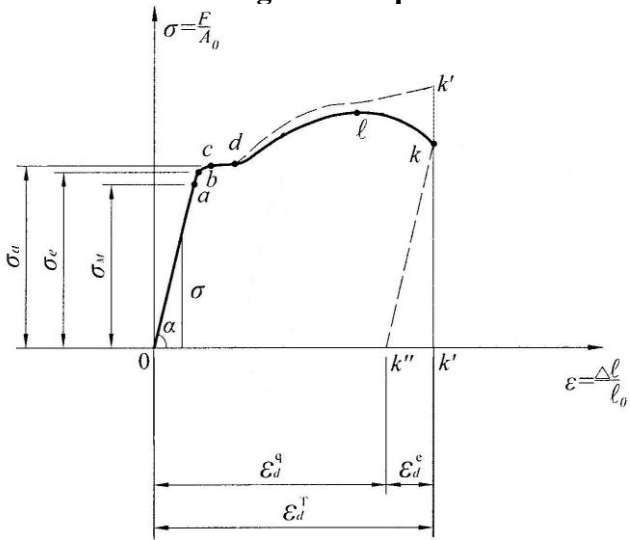
S №	Yüklər P (kN)	Mütləq uzanma $\Delta \ell$ (mm)	Nisbi uzanma $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0}$	Gərginlik $\sigma = \frac{P}{F_0}$ (MPa)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Dartılma diaqramı



Şəkil 6.

Gərginlik diaqramı



Şəkil 7.

Nəticələrin tədqiqi

1. Düzxətli hissədə yükün artımı – $\Delta P = 5 \text{ kN}$;
2. Uyğun gərginlik – $\sigma = \frac{P}{F_0} = \quad \text{MPa}$;
3. Yük artımına uyğun orta nisbi uzanma – $\varepsilon = \frac{\sigma}{E} = \quad$;
4. Mütənasiblik həddinə uyğun yük – $\Delta P_{\text{müt.h.}} = \quad \text{kN}$;
5. Mütənasiblik həddi – $\sigma_{\text{müt.h.}} = \frac{P_{\text{müt.h.}}}{F_0} = \quad \text{MPa}$;
6. Axma hədinə uyğun yük – $\Delta P_{\text{ax}} = \quad \text{kN}$;
7. Axma həddi – $\sigma_{\text{ax.}} = \frac{P_{\text{ax.}}}{F_0} = \quad \text{MPa}$;
8. Möhkəmlik həddinə uyğun yük – $\Delta P_{\text{möh.h.}} = \quad \text{kN}$;
9. Möhkəmlik həddi – $\sigma_{\text{möh.h.}} = \frac{P_{\text{möh.h.}}}{F_0} = \quad \text{MPa}$;
10. Həqiqi möhkəmlik həddi – $\sigma_{\text{h.möh.h.}} = \frac{P_{\text{qunlm}}}{F_1} = \quad \text{MPa}$;
11. Dartılmada mütləq qalıq uzanma – $\delta = \frac{\ell_1 - \ell_0}{\ell_0} \cdot 100\% = \quad$;
12. Dartılmada nisbi qalıq daralma – $\psi = \frac{F_0 - F_1}{F_1} \cdot 100\% = \quad$

Özünü yoxlama sualları:

1. Dartılma diaqramını çəkin və oradakı bütün mərhələləri izah edin;
2. Materialın dartılmaya sınağı zamanı hansı mexaniki xassələrin təyin olunmasını sayın;
3. Mexaniki xarakteristikalara tərif verin;
4. Plastikliyi xarakterizə edən amillər hansılardır ?
5. Möhkəmliyi xarakterizə edən amillər hansılardır ?

6. Hansı gərginlikləri tanıyırsınız?
7. Dartılmada (mərkəzi) hansı gərginlik yaranır və möhkəmlik şərti necə yazılır?
8. Çernov-Lyuders xətləri nə vaxt müşahidə olunur?

Laboratoriya işi №2.

Puasson əmsalının və elastiklik modulunun təyini (nəzəri məlumat)

Laboratoriya işinin aparılmasında məqsəd Puasson əmsalının hər material üçün sabit olduğunu və nümunənin ölçülərindən asılı olmadığını göstərməklə yanaşı bu əmsalın eyni zamanda dartılma deformasiyasında elastiklik modulunun təyin olunmasıdır.

Məlumdur ki, dartılma-sıxılma deformasiyasına məruz qalan mil (nümunə) uzunluğunu və en kəsik ölçülərini dəyişir. Eninə və uzununa nisbi deformasiyaların qiymətlərinin nisbəti hər material üçün sabit qalmaqla onun elastiki xüsusiyyətlərindən birini xarakterizə edir.

Eninə və uzununa nisbi deformasiyaların nisbətinin mütləq qiyməti **Puasson əmsalı** adlanır

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon^0}{\varepsilon} \right|.$$

Elastiki deformasiya yaranan statiki qüvvələrin eninə və uzununa istiqamətdə yaratdığı xətti deformasiyaları ölçməklə Puasson əmsalını hesablamaq olar.

Uzununa nisbi deformasiyanın orta qiymətindən istifadə etməklə elastiklik modulunun qiymətini təyin etmək mümkündür.

Nümunənin forma və ölçüləri: Nümunədə eninə istiqamətində yaranan deformasiyanın qiyməti uzununa istiqamətdə yaranan deformasiyanın qiymətindən əsaslı şəkildə az olur. Məsələn, polad materialda bu nisbət 4-ə bərabər olur. Eninə istiqamətdə yaranan kiçik deformasiyaları ölçmək üçün uzunluğu enindən 4-5 dəfədən böyük lövhə şəkilli nümunələrdən istifadə olunur. Uzunluğun belə qəbul olunması ilə qüvvənin tətbiq nöqtəsinə yaxın sahələrdə deformasiyanın bərabər paylanmaması hadisəsindən qaçmaq olar. Sınaq zamanı nümunənin eninə kəsiklərində yaranan gərginliyin qiyməti mütənəsiblik həddini keçmir. Bu zaman çox kiçik elastiki deformasiyalar yaranır. Bu deformasiyaları ölçmək üçün güzgülü,

qollu-əqrəbli tenzometrlərdən, elektro-datçiklərdən istifadə olunur. Ölçü cihazları eninə və uzununa istiqamətlərdə bərkidilir.

Ölçü cihazlarından alınan nəticələr uyğun cədvəllərə doldurulur. Nəticənin düzgün alınması üçün sınaq 3 dəfədən az olmayaraq təkrarlanır. Hesablama, alınan nəticələrin orta qiymətinə əsasən aparılır.

Puasson əmsalı hesablanır. Dartılma-sıxılmada Huk qanunu ifadəsi əsas götürülməklə elastiklik modulu təyin olunur.

Hesablamalardan alınmış qiymətlər normativ qiymətlərlə müqayisə olunur.

Laboratoriya işi №2.

Puasson əmsalının və elastiklik modulunun təyini (nəticələrin tədqiqi)

İşin məqsədi və yerinə yetirilməsi: Tədqiq olunması tələb olunan materialdan hazırlanmış nümunəni laboratoriya şəraitində statiki yük altında sınaqdan keçirərək Puasson əmsalını və elastiklik modulunu təyin edərək normativ qiymətlərlə müqayisə etməkdir.

Sınaq presinin adı – PM 5

Presin gücü – 50 kN

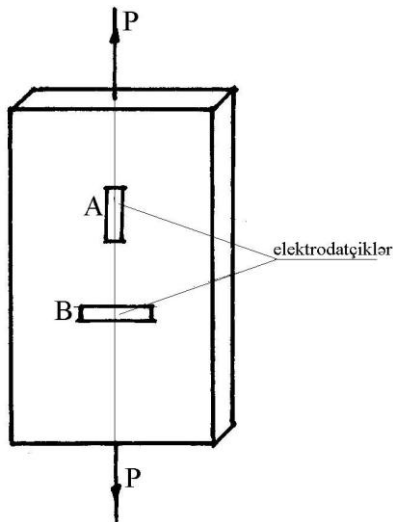
Elektroölçən cihaz – İД-70

Elektrodatçıkların böyütmə əmsalı – $\alpha_\epsilon = 5,2 \cdot 10^{-5}$

Nümunənin ölçüləri:

$$\ell = 6 \text{ mm}; \quad b = 80 \text{ mm}; \quad F = b\ell = 480 \text{ mm}^2$$

Nümunənin sxemi



Şəkil 8.

Nəticələrin tədqiqi

Cədvəl 1.

Yük	Yükün artımı	İД-70 cihazının göstəriciləri		Göstəricilərin artımı	
P (kN)	ΔP (kN)	A	B	ΔA	ΔB
0					
10	10				
20	10				
30	10				
	ΔP=10 kN			ΣΔA=	ΣΔB=

A və B elektrodətçiklərinin orta artımı:

$$\Delta A_{\text{or.}} = \frac{\sum \Delta A}{3} = \frac{\quad}{3} =$$

$$\Delta B_{\text{or.}} = \frac{\sum \Delta B}{3} = \frac{\quad}{3} =$$

Orta nisbi deformasiyalar:

$$\varepsilon_{\text{or.}}^A = \alpha_{\varepsilon} \cdot \Delta A_{\text{or.}} = 5,2 \cdot 10^{-5} \cdot \quad =$$

$$\varepsilon_{\text{or.}}^B = \alpha_{\varepsilon} \cdot \Delta B_{\text{or.}} = 5,2 \cdot 10^{-5} \cdot \quad =$$

Puasson əmsalı:

$$\mu = \left| \frac{\varepsilon_{\text{or.}}^B}{\varepsilon_{\text{or.}}^A} \right| = \frac{\quad}{\quad} =$$

Elastiklik modulunun orta qiyməti:

$$E_{\text{or.}} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{\text{or.}}} = \frac{\Delta P}{F \cdot \varepsilon_{\text{or.}}^A} = \frac{\quad}{\quad} = \quad \text{MPa.}$$

Özünü yoxlama sualları:

1. Puasson əmsalının və elastiklik modulunun təyin olunmasını aydınlaşdırın.
2. Polad material üçün bu xarakteristikaların qiymətləri nəyə bərabərdir?
3. Puasson əmsalı hansı hədlər daxilində dəyişir?
4. Huk qanununun həndəsi və fiziki ifadələrini yazın?
5. Puasson əmsalı nəyə deyilir?
6. Elastiklik modulu necə təyin olunur?

Laboratoriya işi №3.

Müxtəlif materiallardan hesablanmış nümunələrin sıxılmaya sınağı (nəzəri məlumat)

İşin məqsədi: Materialın sıxılmaya sınağı zamanı plastiklik və kövrəkliyi, bircinsli və qeyri-bircinslilik kimi xüsusiyyətlərinin öyrənilməsidir.

Bu məqsədlə aşağıdakı materiallardan hazırlanmış nümunələri sıxılmada sınaqdan keçirirlər.

1. Yumşaq polad və ya mis;
2. Çuqun;
3. Sement və qumdan hazırlanmış daş;
4. Ağac.

Ağac anizator material olduğundan onu lifləri boyunca və liflərinin eninə istiqamətdə sıxılmaya sınayırlar.

Plastik materialların (yumşaq polad, mis, ...) sıxılmaya sınağı zamanı böyük deformasiyalar yaranır. Bu zaman materialın yalnız axma həddini təyin etmək mümkün olur. Belə nümunələr faktiki olaraq dağılmaya məruz qalmır. Ona görə də, onları dartılmaya sınaqdan keçirirlər.

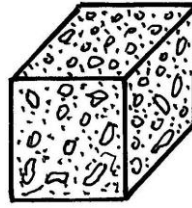
Kövrək materiallar sıxılmaya sınaq zamanı böyük qüvvəyə tab gətirməklə dağılmaya məruz qalırlar. Belə materiallarda möhkəmlik həddi böyük əhəmiyyət kəsb edir, çünki onlardan hazırlanan hissələr yalnız sıxılmaya işləyirlər.

Metal nümunələr **silindrik** formada hazırlanır. Bu zaman onnu ölçüləri $h=(1\div 3)d$ nisbətində qəbul olunur.

Ağac, daş, sementdən hazırlanmış nümunələr kub şəklində hazırlanır. Onların ölçüləri sınaq maşınının gücündən asılı olaraq qəbul olunur.

Daşın sıxılması: Təcrübə üçün kubşəkilli $50\times 50\times 50$ mm ölçülü nümunələrdən istifadə edilir. Sıxılma zamanı yükün sürətli artımı müşahidə olunur. Dağılma qəflətən baş verir (şəkil 9).

Diaqramdan göründüyü kimi daş, qalıq deformasiyası alınmadan dağılır. Bu zaman qüvvənin artımı dayanır. Təcrübə ilə təyin olunmuş dağıdıcı qüvvənin qiymətinə əsasən materialın möhkəmlik həddi hesablanır.

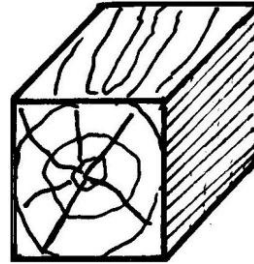


Şəkil 9.

Ağac nümunənin lifləri eninə və lifləri boyunca sıxılması:

Təcrübə üçün kub şəkilli 50×50×50 mm ölçülü nümunələrdən istifadə olunur. Əvvəlcə sınaq maşınında nümunə liflərinin eninə istiqamətdə yerləşdirilərək sıxılır. Yük deformasiyaya mütənasib olaraq artır (şəkil 10). Sonra yükün artımı azalır və nümunə sürətlə deformasiya olunur. Dağılma müşahidə olunmur. Dağıdıcı yükün qiyməti şərti olaraq nümunənin hündürlüyünün ümumi

hündürlüyün $\frac{1}{3}$ -nə bərabər olduğu haldakı qiyməti qəbul olunur.



Şəkil 10.

İkinci halda nümunə sınaq maşınına lifləri boyunca yerləşdirilərək sıxılır. Deformasiyanın çox da böyük olmayan qiymətində dağılma baş verir və qüvvənin qiyməti azalır. Qüvvənin bu qiyməti dağıdıcı yükün qiyməti kimi şəbul olunur (şəkil 11).

Sınağın hər iki halında ağac material üçün möhkəmlik həddinin qiyməti

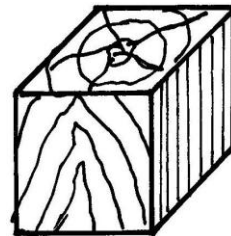
$$\sigma_{\text{mö.h.}} = \frac{P_{\text{dag.}}}{F_0}$$

ifadəsi ilə təyin olunur.

$P_{\text{dag.}}$ – ağacın dağılma halına uyğun gələn qüvvə;

F_0 – başlanğıc en kəsiyin sahəsidir.

Ağac materialın sıxılmada lifləri boyunca möhkəmliyi lifləri eninə olan möhkəmliyindən dəfələrlə böyük olur.



Şəkil 11.

Laboratoriya işi №3

Müxtəlif materialların sıxılmaya sınağı (nəticələrin tədqiqi)

İşin məqsədi: Müxtəlif materiallardan hazırlanmış nümunələrin laboratoriya şəraitində xüsusi maşında statiki yük altında sıxılmaya sınaqması və möhkəmlik həddinin təyin olunmasıdır.

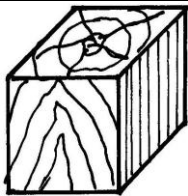
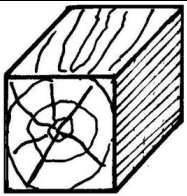
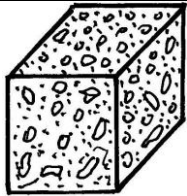
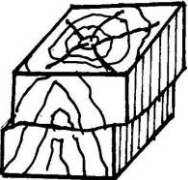
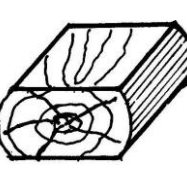
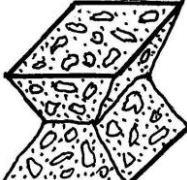
Təcrübə $50 \times 50 \times 50$ mm ölçülü ağac və sementdən hazırlanmış daş nümunələr üzərində aparılır.

Presin adı – Universal hidravlik pres;

Presin gücü – 300 kN.

Nümunələrin formaları

Cədvəl 1.

Nümunənin formaları	AĞAC		Sementdən hazırlanmış daş
	Lifləri boyuna	Lifləri eninə	
Sınağa qədər			
Sınaqdan sonra			

Nəticələrin tədqiqi

Cədvəl 2.

Xarakteristikalar	AĞAC		Sementdən hazırlanmış daş
	Lifləri boyunca	Lifləri eninə	
En kəsiyin sahəsi – F_0 (mm ²)	25	25	25
Dağıdıcı yük – P (kN)			
Möhkəmlilik həddi – σ (MPa)			

Sementdən hazırlanmış daş material:

$$\sigma_{\text{mö.h.h.}} = \frac{P}{F_0} = \text{---} = \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = \text{MPa.}$$

Lifləri boyunca

$$\sigma_{\text{mö.h.h.}} = \frac{P}{F_0} = \text{---} = \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = \text{MPa};$$

Lifləri eninə ağac material:

$$\sigma_{\text{mö.h.h.}} = \frac{P}{F_0} = \text{---} = \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = \text{MPa.}$$

Özünü yoxlama sualları:

1. Ağac materialda liflərin eninə və uzununa sıxılma zamanı dağılma necə baş verir?
2. Ağac materialdan olan nümunə lifləri boyunca, yoxsa liflərinin eninə istiqamətdə sıxıldıqda daha çox qüvvəyə tab gətirir?
3. Ağac materialdan olan nümunə liflərinin eninə istiqamətdə sıxıldıqda dağılma baş verirmi?
4. Ağac materialdan olan nümunə liflərinin eninə istiqamətdə sıxıldıqda möhkəmliyin itirilməsi necə təyin olunur?
5. Sementdən hazırlanmış daş nümunə nə vaxt möhkəmliyini itirmiş hesab olunur?

Laboratoriya işi №4.

Metal nümunənin kəsilməyə sınağı (nəzəri məlumat)

İşin məqsədi: Metal nümunənin kəsilməyə sınağı zamanı yaranan deformasiyanın xarakterini öyrənmək və kəsilmədə möhkəmlik həddini təyin edərək onu dartılmada yaranan möhkəmlik həddi ilə müqayisə etməkdir.

Dartılma deformasiyasında yaranan möhkəmlik həddi ilə ($\sigma_{möh.h}$) kəsilmədə yaranan möhkəmlik həddi ($\tau_{möh.h}$) arasında müəyyən asılılıq ($\tau_{möh.h} = (0,5 \div 0,6) \sigma_{möh.h}$) var. Kəsilmədə möhkəmlik materialın yalnız kəsilməyə qarşı göstərdiyi müqavimətdən deyil, həm də əyilmə və əzilmədə yaranan gərginliklərdən asılı olur.

İstehsalatda eyni zamanda iki müstəvi üzrə kəsilən hissələrə (bolt, pərçim, işkil, ...) tez-tez təsadüf olunur. Ona görə də kəsilməyə sınağı iki müstəvidə kəsilmə yaradan xüsusi tərtibatla aparırlar.

Kəsilməyə sınağı diametri (6-10) mm olan dairəvi en kəsikli polad məftillər üzərində yerinə yetirirlər. Belə məftillərin kəsilməsinə böyük qüvvə tələb olunmur.

Kəsilməyə sınaq şəkil 11-də göstərilmiş xüsusi tərtibatda aparırlar.

Təcrübənin nəticələrinin tədqiqi: Sınaqdan alınan nəticələrə əsasən təyin olunur:

a) Kəsilmədə materialın möhkəmlik həddi

$$\tau_{möh.h.} = \frac{P_{max}}{F_{kəc.}} = \frac{P_{max}}{2F};$$

P_{max} – kəsilmədə ən böyük qüvvə;

F – en kəsiyin sahəsi $\left(F = \frac{\pi d^2}{4} \right)$.

b) Polad material üçün dartılmada möhkəmlik həddi

$$\sigma_{\text{möh.h.}} = \frac{\tau_{\text{möh.h.}}}{(0,5 \div 0,6)}.$$

c) Nümunənin əzilməsindən yaranan gərginlik:

$$\sigma_{\text{əz.}} = \frac{P_{\text{max}}}{F_{\text{əz.}}};$$

$F_{\text{əz}}$ – təcrübə zamanı nümunənin əzilən sahəsidir.

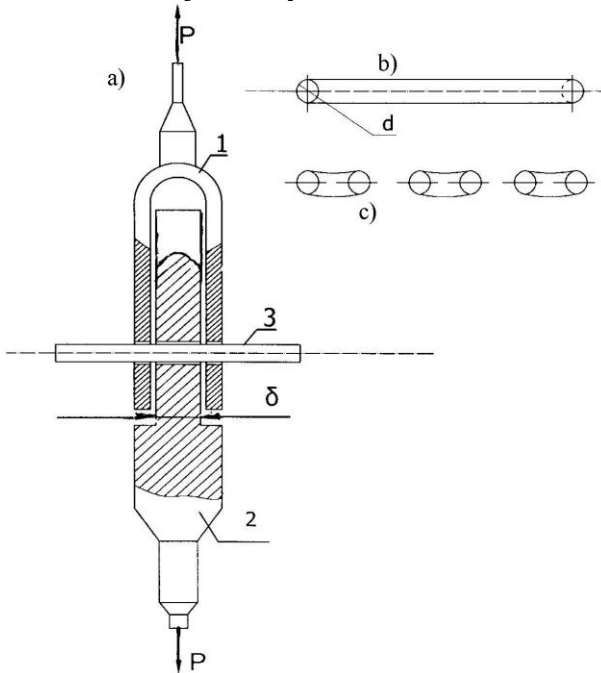
Laboratoriya işi №4.

Metal nümunənin kəsilməyə sınağı (nəticələrin tədqiq)

İşin məqsədi: Metal nümunənin kəsilməyə sınaqması, yaranan deformasiyanın xarakterinin öyrənilməsi və kəsilmədə möhkəmlik həddini təyin edərək onu dartılmada yaranan möhkəmlik həddi ilə müqayisə etməkdir.

Sınaq zamanı diametr (6-10) mm olan metal məftildən istifadə olunur.

Kəsilməyə sınaq tərtibatının sxemi



Şəkil 15. a) nümunəni saxlayan tutqacın eni: 1 – yuxarı tutqac, 2 – aşağı tutqac, 3 – nümunə; b) nümunə sınağa qədər; c) nümunə sınaqdan sonra

Nümunənin ölçü və forması

Cədvəl 1.

	Diametr (mm)	En kəsiyin sahəsi (mm ²)	Nümunənin eskizi
Sınağa qədər	6	28,26	
Sınaqdan sonra	6	28,26	

Dağıdıcı yük: $P_{\max} =$ kN.

Polad nümunənin kəsilmədə möhkəmlik həddi

$$\tau_{\max} = \frac{P_{\max}}{2F} = \frac{P_{\max}}{2 \cdot 28,26} = \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = \text{MPa}.$$

Polad materialın dartılmada möhkəmlik həddi

$$\sigma_{dar.} = \frac{\tau_{\max}}{0,6} = \frac{\tau_{\max}}{0,6} = \text{MPa}.$$

Metal nümunədə əzilmədən yaranan gərginlik:

$$\sigma_{\text{яз.}} = \frac{P_{\max}}{F_{\text{яз.}}} = \frac{P_{\max}}{\pi \cdot r \cdot \delta} = \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} = \text{MPa},$$

δ – əzilən sahənin enidir. $\delta=12$ mm.

Özünüyoxlama sualları

1. Kəsilməyə sınaq zamanı materialın hansı xarakteristikaları təyin olunur?
2. Sınaq zamanı kəsilmədə möhkəmlik həddi necə təyin olunur?
3. Kəsilməyə sınaq zamanı əzilmədən yaranan gərginlik necə təyin olunur?
4. Kəsilmədə möhkəmlik həddi ilə dartılmada möhkəmlik həddi arasında hansı asılılıq var?

Laboratoriya işi №5.

Metal nümunənin burulmaya sınağı (nəzəri məlumat)

İşin məqsədi: Xalis sürüşmədə nümunənin materialının elastiklik modulunun (G) təcrübi yolla təyin olunması və alınan qiymətin normativ qiymətlə müqayisə olunmasıdır.

Məlumdur ki, elastiki deformasiyalar həndəsə burulma bucağı təsir edən burucu momentdən xətti asılıdır

$$\varphi = \frac{M_{br} \cdot \ell}{G \cdot J_p},$$

burada M_{br} – burucu moment; ℓ – burucu moment təsir edən kəsikdən burulma bucağı təyin olunan kəstyə qədər olan məsafədir; J_p – en kəsiyin qütb ətalət momenti; G – burulmada elastiklik moduludur

$$G = \frac{M_{br} \cdot \ell}{J_p \cdot \varphi}.$$

Təcrübə zamanı burulma bucağını və burucu momenti ölçməklə elastiklik modulunu hesablamaq olar. Ölçmə pilləli şəkildə aparılır. Burucu moment hər pillədə (ΔM) eyni qədər artırılır. Yükləmənin hər pilləsində burulma bucağı ölçülür. Hər pillə üçün artırılması nəzərdə tutulan burucu momentin (ΔM_{br}) qiyməti nümunənin materialı və diametrindən asılıdır. Bu qiymət elə seçilməlidir ki, onun ən böyük qiyməti materialda qalıq deformasiyası yaratmasın. Bu qiyməti

$$M_{br}^{max} = \tau_{möh.h} \cdot W_p$$

ifadəsi ilə hesablamaq olar. Hesabat möhkəmlilik həddinin ($\tau_{möh.h}$) kiçildilmiş qiyməti ilə aparılır. Yükləmə zamanı hər pillə üçün burucu momentin orta qiyməti

$$M_{br} = \frac{M_{br}^{max}}{n}$$

ifadəsi ilə təyin olunur. n – pillələrin sayıdır.

Sınağın aparılması ardıcılığı:

1. Nümunəni əvvəlcədən $P=20$ N yüklə yükləyərək indikatorun göstəricisini sıfıra gətirməli.

2. Nümunəni ardıcıl olaraq pilləli şəkildə $\Delta P=50$ N yüklə yükləməli.

3. İndikatorun orta göstəricisini təyin etməli

$$\Delta h_{\text{or.}} = \frac{\sum \Delta h}{n}.$$

4. Dönmə bucağının orta artımını təyin etməli

$$\Delta \varphi_{\text{or.}} = \frac{\Delta h_{\text{or.}}}{R}.$$

5. Sürüşmədə elastiklik modulunun orta qiymətini hesablamalı

$$G_{\text{or.}} = \frac{\Delta M_{\text{br.}} \cdot \ell}{J_{\rho} \cdot \Delta \varphi_{\text{or.}}}.$$

6. Elastiklik modulunun təcrübədən alınan və normativ qiymətləri arasındakı xətanı hesablamalı

$$\delta = \frac{G_{\text{n}} - G_{\text{tərc.}}}{G_{\text{tərc.}}} \cdot 100\%.$$

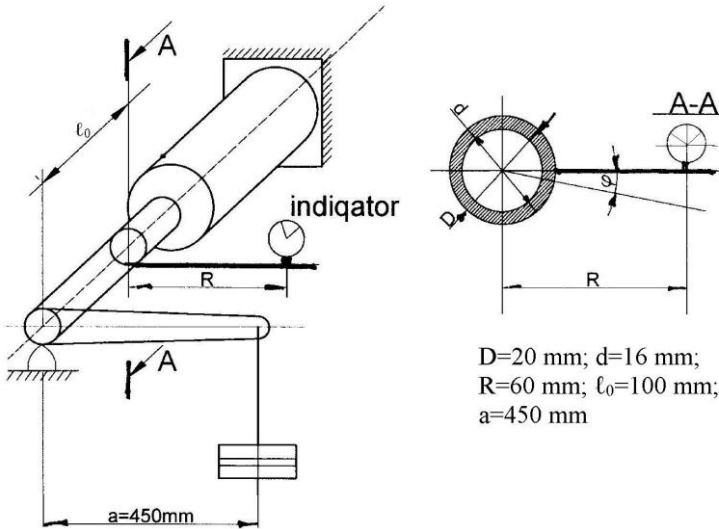
Laboratoriya işi №5.

Metal nümunənin burulmaya sınağı (nəticələrin tədqiqi)

İşin məqsədi: Xalis sürüşmədə nümunənin materialının elastiklik modulunun təcrübi yolla təyin olunması və alınan qiymətin normativ qiymətlə müqayisə olunmasıdır $G=(0,78\div 0,82)\cdot 10^4$ MPa.

Nümunənin materialı – Polad 45.

Sınaq maşınının sxemi



Şəkil 16.

Sxemdə göstərilmiş A – A kəsiyi üzrə eninə kəsiyin qütb ətalət momenti:

$$J_p = \frac{\pi D^4}{32} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right] = \frac{3,14 \cdot 2^4}{32} (1 - 0,8^4) = 0,927 \text{ sm}^4.$$

Yükün orat artımı – $\Delta P=50$ N

Burucu momentin orta addımı

$$\Delta M_{or.} = \Delta P \cdot a = 50 \cdot 450 = 2250 \text{ N} \cdot \text{mm};$$

Nəticələrin tədqiqi

Cədvəl 1.

Yük P (N)	Yükün artımı ΔP (N)	Tenzometrin göstəricisi h (mm)	Tenzometrin göstəricisinin artımı Δh (mm)
20	50		
70			
120			
170			
220			
	$\Delta P = 50 \text{ N}$		$\Sigma h =$

Tenzometrin orta göstəricisi:

$$\Delta h_{or.} = \frac{\sum \Delta h}{n} = \frac{0,68}{4} = 0,17 \text{ mm}$$

Dönmə bucağının orta qiyməti:

$$\Delta \varphi_{or.} = \frac{\Delta h_{or.}}{R} = \text{---} = \text{---} \text{ rad.}$$

Elastiklik modulunun orta qiyməti:

$$G_{or.} = \frac{\Delta M_{br.} \cdot \ell}{J_p \cdot \Delta \varphi_{or.}} = \frac{2250 \cdot 10}{0,927 \cdot} \cdot 10^6 \frac{\text{N}}{\text{sm}^2} = \text{---} \cdot 10^4 \text{ MPa.}$$

Xətanın hesabı:

$$\delta = \frac{G_n - G_{\text{təcr.}}}{G_{\text{təcr.}}} \cdot 100\% = \text{---} \cdot 100\% = \text{---} \%$$

Özünüyoxlama sualları

1. Nümunənin en kəsiyinin qütb ətalət momentin necə hesablanır?
2. Burucu momentin orta qiyməti necə təyin olunur?
3. Burulma bucağının orta qiyməti necə hesablanır?

4. Burulmada elastiklik modulu necə təyin olunur?
5. Burulmada polad material üçün elastiklik modulunun normativ qiyməti nəyə bərabərdir?
6. Elastiklik modulunun qiymətlərinin xətası necə hesablanır?

Laboratoriya işi №6

Silindrik vintvari yayın sınağı (nəzəri məlumat)

İşin məqsədi: Silindrik vintvari yayın deformasiyası (oturması) və sərtliyinin təcrübə ilə təyin olunması, alınan qiymətlərin nəzəri qiymətlərlə müqayisəsidir.

Yaylar, maşın və mexanizmlərin ən geniş yayılmış elastiki elementlərindən hesab olunur. Onlar iş zamanı yaranan zərbələrin yumşaldılması üçün amortizator rolunu oynayır.

Dartılma və ya sıxılmaya işləyən vintvari silindrik yaylar daha geniş istifadə diapazonuna malikdir.

Yayın oturmasının (hündürlüyünün dəyişməsi) təyini üçün nəzəri ifadənin çıxarılması zamanı qəbul olunan hipotezdə sapların burulması, onların maillik bucağı, kəsiklərdəki eninə və uzununa qüvvələrin həm də burucu momentin yaratdıqları əlavə deformasiyalar nəzərə alınmamışdır.

Yayın oturması (hündürlüyünün dəyişməsi) xüsusi cihazla ölçülür.

Sərtliyi az olan yaylarda şkala üzrə hərəkət edən göstəricidən, böyük sərtlikli yaylarda isə ştangerpərgardan istifadə etmək əlverişli sayılır. Bu zaman yay üzərində xüsusi nişanlama aparılır. Pərgarın iti ucları həmin nişanlarda otuzdurulur.

Təcrübənin yerinə yetirilmə ardıcılığı

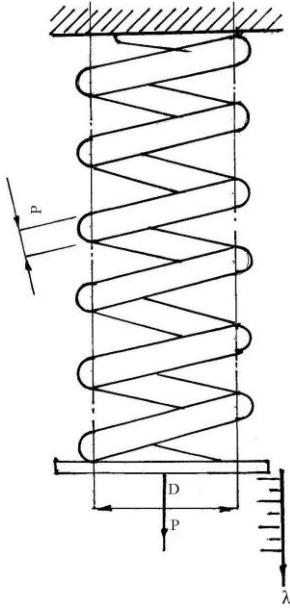
1. Təcrübə kiçik başlanğıc yüklə yerinə yetirilir. Qüvvənin müəyyən başlanğıc qiymətində yayın hündürlüyü ölçülür.
2. Yüklə bərabər addımlarla artırılır. Hər addıma uyğun gələn ölçmə aparılır.
3. Yayın uzanmasının orta qiyməti tapılır.
4. Sınaqdan alınan qiymətlərlə yayın xarakteristikası qurulur.
5. Sərtliyin orta qiyməti təyin olunur.
6. Sərtliyin nəzəri qiyməti hesablanır.
7. Sərtliyin alınmış qiymətləri müqayisə olunur.

Laboratoriya işi №6

Silindrik vintvari yayın sınağı (nəticələrin tədqiqi)

İşin məqsədi: Silindrik vintvari yayın deformasiyası (oturməsi) və sərtliyinin təcrübə ilə təyin olunması, alınan qiymətlərin nəzəri qiymətlərlə müqayisə olunmasıdır.

Sınaq qurğusunun sxemi



Orta diametr – $D=50$ mm;
Sapların diametri – $d=4$ mm;
İşlək sapların sayı – $n=20$;
Sürüşmə və burulmada elastiklik modulu – $G=8 \cdot 10^5$ Mpa.

Şəkil 17.

Sınağın nəticələri

Cədvəl 1.

Yük P (N)	Yükün artımı ΔP (N)	Yayın oturması λ (mm)	Deformasiyanın artımı $\Delta \lambda$ (mm)
10	10		
20			
30			
40			
50			
	$\Delta P=10$ N		$\Sigma \Delta \lambda = 40$ mm

Nəticələrin tədqiqi

Yay $\Delta P=10$ N ardıcıl artan yüklə pilləli şəkildə yüklənərək aşağıdakı xarakteristikalar təyin olunur:

1. Yayın oturmasının (hündürlüyünün dəyişməsi) orta artımını hesablayaq:

$$\Delta \lambda_{\text{or.}} = \frac{\sum \Delta \ell}{n} = \frac{\quad}{4} = \quad \text{mm},$$

n – addımların sayıdır.

2. Yayın sərtliyinin orat qiymətini təyin edək:

$$K_T = \frac{\Delta P}{\Delta \lambda_{\text{or.}}} = \frac{10}{\quad} = \frac{N}{\text{mm}}.$$

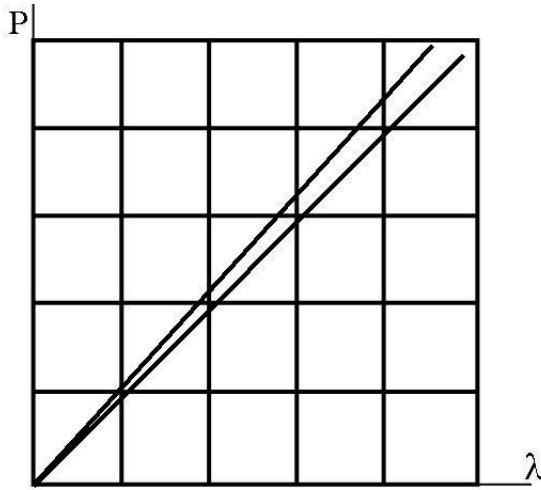
3. Yayın sərtliyinin nəzəri qiymətini hesablayaq:

$$K_n = \frac{Gd^4}{8D^3 \cdot n} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 4^4}{8 \cdot 50^3 \cdot 20} = 1,024 \frac{N}{\text{mm}}.$$

4. Sərtliyin nəzəri və təcrübi qiymətləri arasındakı xətanı təyin edək:

$$\Delta K = \frac{K_n - K_T}{K_T} \cdot 100\% = \frac{\quad}{\quad} \cdot 100\% = \quad \%.$$

5. Yayın nəzəri və təcrübi xarakteristikalarını $P=P(\lambda)$ quraq.



Şəkil 18.

Özünü yoxlama sualları

1. Yayın oturmasının (hündürlüyünün dəyişməsinin) orta artımı necə hesablanır?
2. Yayın sərtlilik əmsalı necə təyin olunur?
3. Yayın xarakteristikalarının cədvəli necə izah olunur?
4. Silindrik vintvari yayların saplarının kəsiklərində yaranan gərginlik necə təyin olunur?

Laboratoriya işi №7.

Əyilmədə verilmiş tirin xarakter kəsiklərindəki deformasiyaların təyini

İşin məqsədi: Polad materialdan hazırlanmış konsol tirin xarakter kəsiklərində, əyilmədə yaranan deformasiyaların (əyinti və dönmə bucağı) təcrübi yolla təyin olunaraq nəzəri qiymətlərlə müqayisə olunmasıdır.

Baxılan konsol tirin sərbəst ucunda P qüvvəsi təsir edir.

Tirin eninə kəsiyi düzbucaqlı formada götürülür (başqa formalı en kəsikləri də təcrübədən keçirmək olar).

Tirin ortasından şaquli istiqamətdə 25-30 sm uzunluqda əlavə çıxıntı düzəldilir. Bu çıxıntının sonunda ölçü cihazı bağlamaqla orta kəsikdəki dönmə bucağı təyin olunur.

Təcrübənin yerinə yetirilməsi ardıcılığı:

1. Tirin sxemi tərtib olunur.
2. Tirin eninə kəsik ölçüləri və dayaqdan «A» və «B» nöqtələrinə qədər məsafələr ölçülür.
3. Təcrübə zamanı ölçmələrdən alınan nəticələr cədvələ doldurulur.
4. Deformasiyaların təyin olunduğu kəsiklərdəki nəzəri qiymətlər təyin olunur.
5. Nəzəriyyədən və təcrübədən alınan qiymətlər müqayisə olunur.

Hesablama zamanı əyilmiş ox üçün çıxarılmış

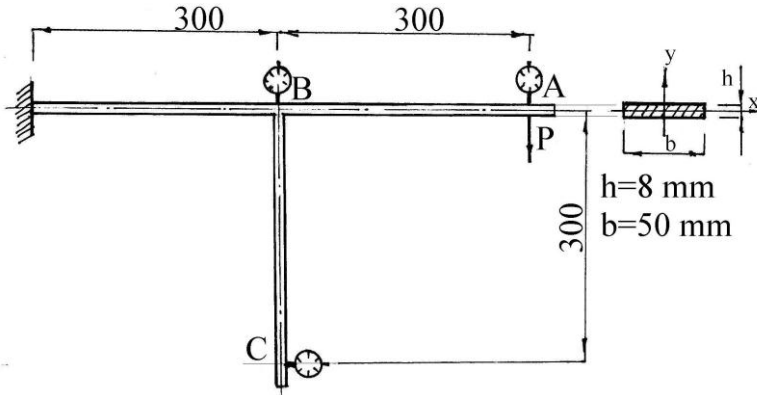
$$y = \frac{P \ell \cdot z^3}{2EJ_x} \left(1 - \frac{z}{3\ell} \right)$$

düsturundan və «B» kəsiyi üçün çıxarılmış

$$\theta_B = \frac{3P\ell^3}{8EJ_y}$$

ifadəsindən istifadə etmək olar.

Təcrübə aparılan tirin sxemi:



Şəkil 19.

Nəticələrin tədqiqi cədvəli

Cədvəl 1.

Yük P (N)	İndikatorun göstəriciləri		
	ΔA (mm)	ΔB (mm)	ΔC (mm)
20	3,44	1,17	1,83

Təcrübədən alınmış nəticələrin tədqiqi:

Elastiklik modulu – $E = 2 \cdot 10^5$ MPa;

Tirin en kəsiyinin ətalət momenti:

$$J_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{5 \cdot 0,8^3}{12} = 0,21 \text{ sm}^4;$$

«B» kəsiyindən dönmə bucağı:

$$\theta_B = \frac{1,83}{30} = 0,0061 \text{ rad.}$$

«A» və «B» kəsiklərindəki yerdəyişmələrin nəzəri qiymətləri:

$$y_A = \frac{P\ell^3}{3EJ_x} = 0,34 \text{ sm} = 3,4 \text{ mm}$$

$$y_B = \frac{5P\ell^3}{48EJ_x} = 0,11 \text{ sm} = 1,1 \text{ mm}$$

$$\theta_B = \frac{3P\ell^2}{8EJ_x} = 0,006 \text{ rad.}$$

Cədvəl 2.

Təcrübənin növləri	«A» kəsiyi	«B» kəsiyi	
	y_A (mm)	y_B (mm)	θ_B (mm)
Nəzəri	3,4	1,1	0,006
Təcrübi	3,44	1,17	0,0061
Xəta (%)	1,2	6,0	1,7

Özünü yoxlama sualları:

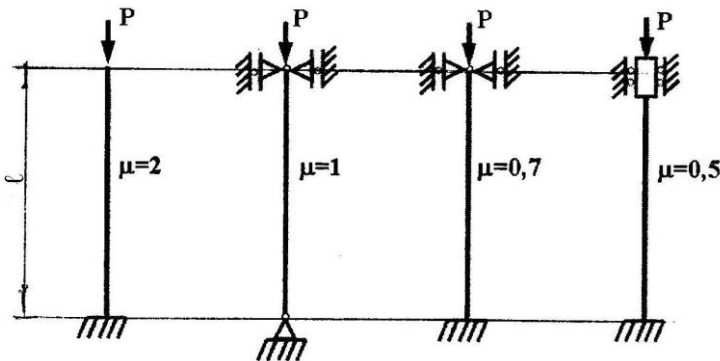
1. Tirin eninə kəsiyi hansı formada qəbul olunur?
2. Əyinti və dönmə bucağı hansı deformasiya növündə təyin olunur?
3. Dönmə bucağı tirin hansı kəsiyində təyin olunur?
4. Əyinti tirin hansı kəsiklərində təyin olunur?

Laboratoriya işi №8.

Sıxılan uzun milin dayanıqlığının itirilməsinin tədqiqi (nəzəri məlumat)

İşin məqsədi: Elastiklik həddi daxilində sıxılan uzun milin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun gələn qüvvənin qiymətini ($P_{br.}^T$) təcrübi yolla təyin edərək Eyler düsturu vasitəsi ilə hesablanmış ($P_{br.}^N$) qiymətlə müqayisə etməkdir.

Təcrübədən keçiriləcək uzun milin uclarının bərkidilməsi sxemləri



Şəkil 20.

Milin materialı – polad 65Ş;

Boyuna elastiklik modulu – $E=2 \cdot 10^5$ MPa;

Nümunənin ölçüləri

Uzunluğu – $\ell=500$ mm;

Kəsiyin eni – $b=35$ mm;

Kəsiyin qalınlığı – $h=2$ m.

Ölçü cihazı – bölgülərinin qiyməti 0,001 mm olan saat tipli indiqator.

İşin yerinə yetirilmə ardıcılığı:

1. Milin uclarının bərkidilməsinin bir variantı seçilir.
2. Sıxılan uzun mil xüsusi mexanizmin köməyi ilə boyuna istiqamətdə yüklənir.
3. Milin dayanıqlığının itirilməsi anına uyğun gələn yerdəyişmə indikator vasitəsi ilə müəyyən olunur.
4. Tarazlayıcı qrafikdən indikatorun göstərişinə uyğun böhran qüvvəsinin qiyməti müəyyən olunur.
5. Eylər düsturu ilə hesablanmış, böhran qüvvəsinin qiyməti ilə təcrübədən alınmış qiymət müqayisə olunur.

$$\delta = \frac{P_{br}^N - P_{br}^T}{P_{br}^T} \cdot 100\% .$$

Tarazlayıcı qrafik **SMU 81, 081 SB N55** membranının yayı üçün qurulmuşdur.

Cədvəl 1.

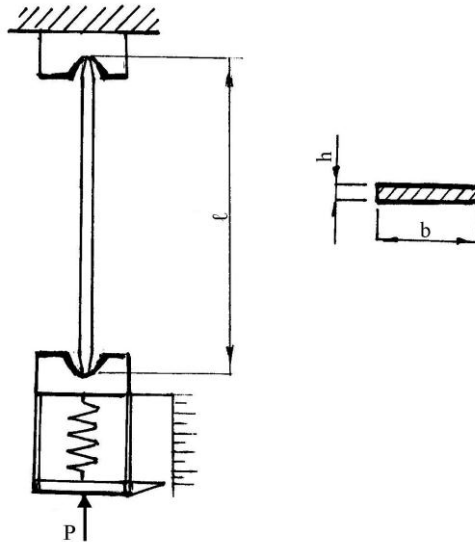
Yük P (N)	0,0	200	400	600	800	1000
İndikatorun göstəricisi (mm)	0,000	0,160	0,312	0,464	0,594	0,715

Laboratoriya işi №8.

Sıxılan uzun milin dayanıqlığının itirilməsinin tədqiqi (nəticələrin tədqiqi)

İşin məqsədi: Elastiklik həddi daxilində sıxılan milin dayanıqlığının itirilməsinə uyğun gələn qüvvənin qiymətini ($P_{br.}^T$) təcrübi yolla təyin edərək Eyler düsturu vasitəsi ilə hesablanmış ($P_{br.}^N$) qiymətlə müqayisə etməkdir.

Qurğunun sxemi



Şəkil 21.

Milin materialı – polad 65Ş;

Boyuna elastiklik modulu – $E=2 \cdot 10^5$ MPa;

$\ell=500$ mm; $b=35$ mm; $h=2$ mm.

Kəsiyin minimum ətalət momenti:

$$J_{\min} = \frac{bh^3}{12} = 0,0023 \text{ sm}^4.$$

Sınağın nəticələri :

İndiqatorun göstəricisi – mm.

İndiqatorun göstəricisinə əsasən tarazlayıcı qrafikdən (şəkil 22)

$P_{br}^T =$ N təyin olunur.

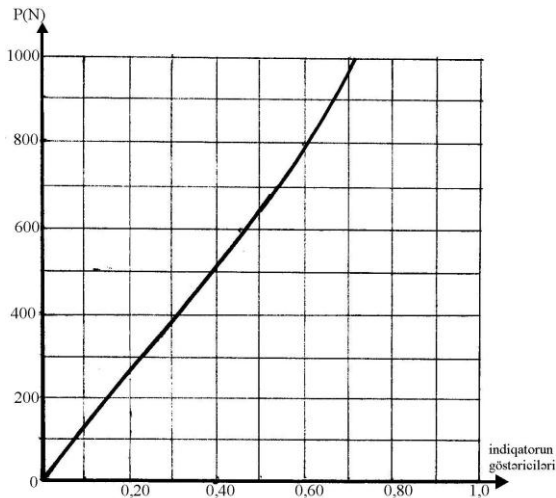
Eyler düsturu ilə böhran qüvvəsi hesablanır:

$$P_{br}^N = \frac{\pi^2 EJ_{min}}{(\mu \ell)^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 0,0023 \cdot 1000}{(1 \cdot 50)^2 100^2} = 181,4 \text{ N.}$$

μ – milin uclarının bərkidilməsindən asılı olan uzunluq əmsalıdır.

Tarazlayıcı qrafik cədvəl 1-dəki qiymətlərə əsasən qurulur.

Tarazlayıcı qrafik



Şəkil 22.

Böhran qüvvəsinin üçün alınmış nəzəri və təcrübi qiymətləri müqayisə edək

$$\delta = \frac{P_{br}^N - P_{br}^T}{P_{br}^T} \cdot 100\% = \text{---} =$$

Milin uclarının digər bağlanma halları üçün də bu təcrübəni aparmaq olar.

Özünü yoxlama sualları:

1. Hansı qüvvə böhran qüvvəsi adlanır?
2. Böhran qüvvəsi üçün Eyer düsturu necə yazılır?
3. μ - əmsalı necə adlanır?
4. Milin uclarının hansı bərkidilmə hallarını tanıyırsınız?
5. Tarazlayıcı qrafikdən necə istifadə olunur?

Ə D Ə B İ Y Y A T

1. Feodosyev V.İ. «Material müqaviməti». M., Elm, 1986.
2. Pisarenko Q.S. və s. «Materiallar müqaviməti». Kiyev, Vışşaya şkola, 1986.
3. Afanasyev A.M., Marvin Z.A. «Material müqavimətinin laboratoriya praktikumu». Fizmatqiz, 1975.
4. Hacıyeva R.Ə. «Materiallar müqaviməti fənnindən laboratoriya işləri». Bakı, 2006